Vier Hochwasser-Katastrophen

Autor(en): **Wüstemann, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79 (1961)**

Heft 24: **SIA 67. Generalversammlung in Winterthur vom 23. - 25. Juni 1961**

PDF erstellt am: **15.07.2017**

Persistenter Link: http://doi.org/10.5169/seals-65554

Vier Hochwasser-Katastrophen

DK 627.51

Von **G. Wüstemann,** dipl. Ing., Generalsekretär des S. I. A., Zürich

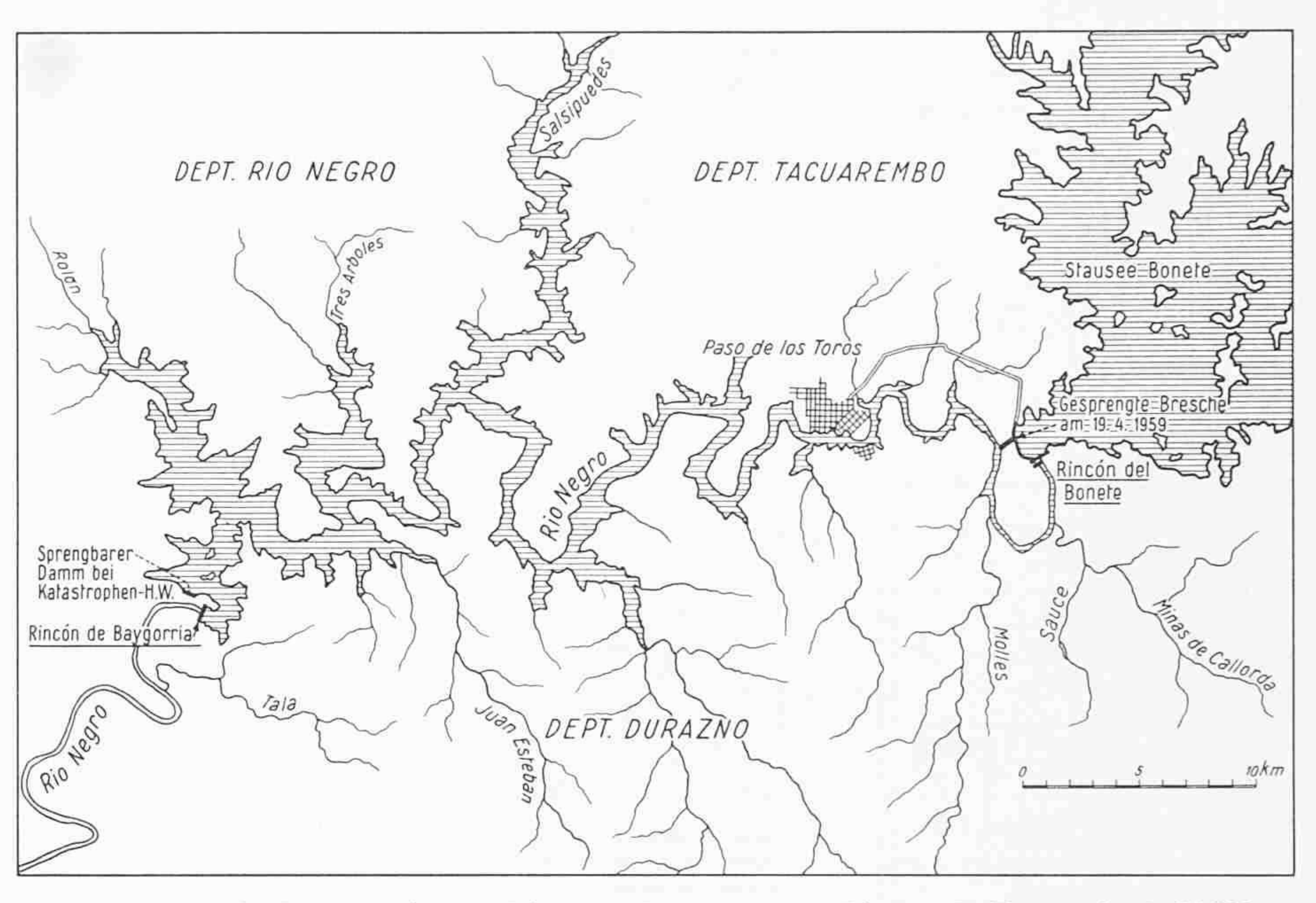


Bild 3. Der Rio Negro zwischen Rincon del Bonete und Rincon de Baygorria, 1:450 000

Einleitung

In den vergangenen Jahren ist es zu einer Häufung von Hochwasserkatastrophen gekommen. Der Verfasser berichtet über vier Einzelfälle, bei denen er Gelegenheit hatte, die Auswirkungen während oder kurz nach Eintreten der Ereignisse an Ort und Stelle zu verfolgen. Sie ereigneten sich zwischen April 1959 und Mai 1960, also innerhalb einer Zeitspanne von rund einem Jahr. Geographisch handelt es sich um einen Fall in Südfrankreich und um drei Fälle in Südamerika (Bild 1).

1. Das Hochwasser des Rio Negro in Uruguay, April 1959

Im April 1959 brachte der Rio Negro in Uruguay eine Hochwasserführung, die alles überstieg, was bis dahin beobachtet worden war. Dieses Ereignis ist deshalb interessant, weil es erlaubte, die auf Grund einer 23jährigen Beobachtungsreihe erfolgte Schätzung des grössten Hochwassers zu überprüfen. Diese Schätzung war auf Grund einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung vorgenommen worden. Das Hochwasser von 1959 zeigte, wie gefährlich es ist, von einer kurzen Beobachtungsperiode auf das ganze Leben eines Flusses schliessen zu wollen, insbesondere, wenn dabei die Grundursache des Zuflusses, der Regen, unberücksichtigt bleibt.

Uruguay ist mit einer Oberfläche von 187 000 km² die kleinste südamerikanische Republik. Es liegt am Rio de la Plata und dem Atlantischen Ozean; im Westen bildet der Rio Uruguay die Grenze mit Argentinien, im Norden grenzt es an Brasilien (Bild 2). Das Land ist sehr flach. Die höchste Erhebung reicht kaum über 500 m ü. M. Wald gibt es praktisch keinen. Der Boden besteht aus einer dünnen Humusschicht — stellenweise nur einige Zentimeter stark — auf die unmittelbar der anstehende Fels folgt. Der Boden ist somit sehr undurchlässig.

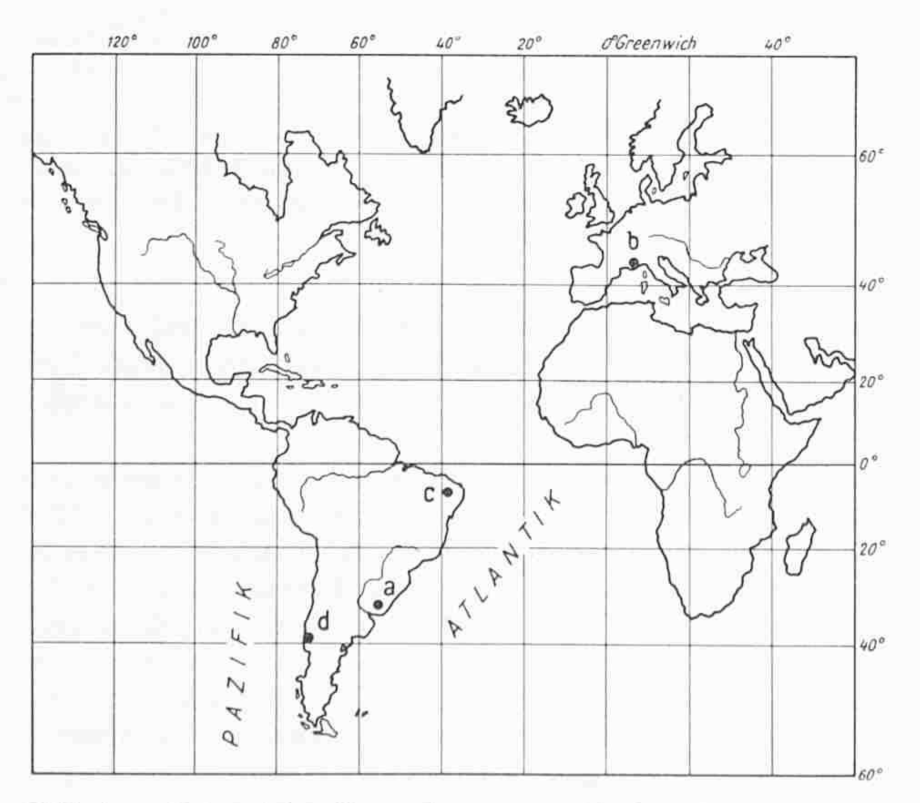


Bild 1. Uebersicht über die geographische Verteilung der vier Katastrophenfälle:

a Das Hochwasser des Rio Negro in Uruguay, April 1959
b Der Bruch der Staumauer von Malpasset, Dezember 1959
c Der Bruch des Erddammes Oros im Staate Ceara. Nord-Ost-Brasilien, März 1960
d Das Erdbeben in Chile, Mai 1960

Von den rd. 2,5 Millionen Einwohnern leben rund ein Drittel in der Hauptstadt Montevideo, die bei weitem die grösste Stadt des Landes ist. Uruguay lebt hauptsächlich von der Zucht von Rindern und Schafen, deren Fleisch, Felle und Wolle den Hauptexport darstellen. Die Tiere sind das ganze Jahr im Freien auf den ausgedehnten Weiden, wo das Gras zum Teil sehr mager wächst. Uruguay wird die südamerikanische Schweiz genannt, weil es eine demokratische Staatsform besitzt und den höchsten Lebensstandard des südamerikanischen Kontinents aufweist.



Bild 2. Uebersichtskarte von Uruguay mit den Einzugsgebieten der Kraftwerke Rincon del Bonete und Rincon de Baygorria am Rio Negro. Masstab 1:5 000 000

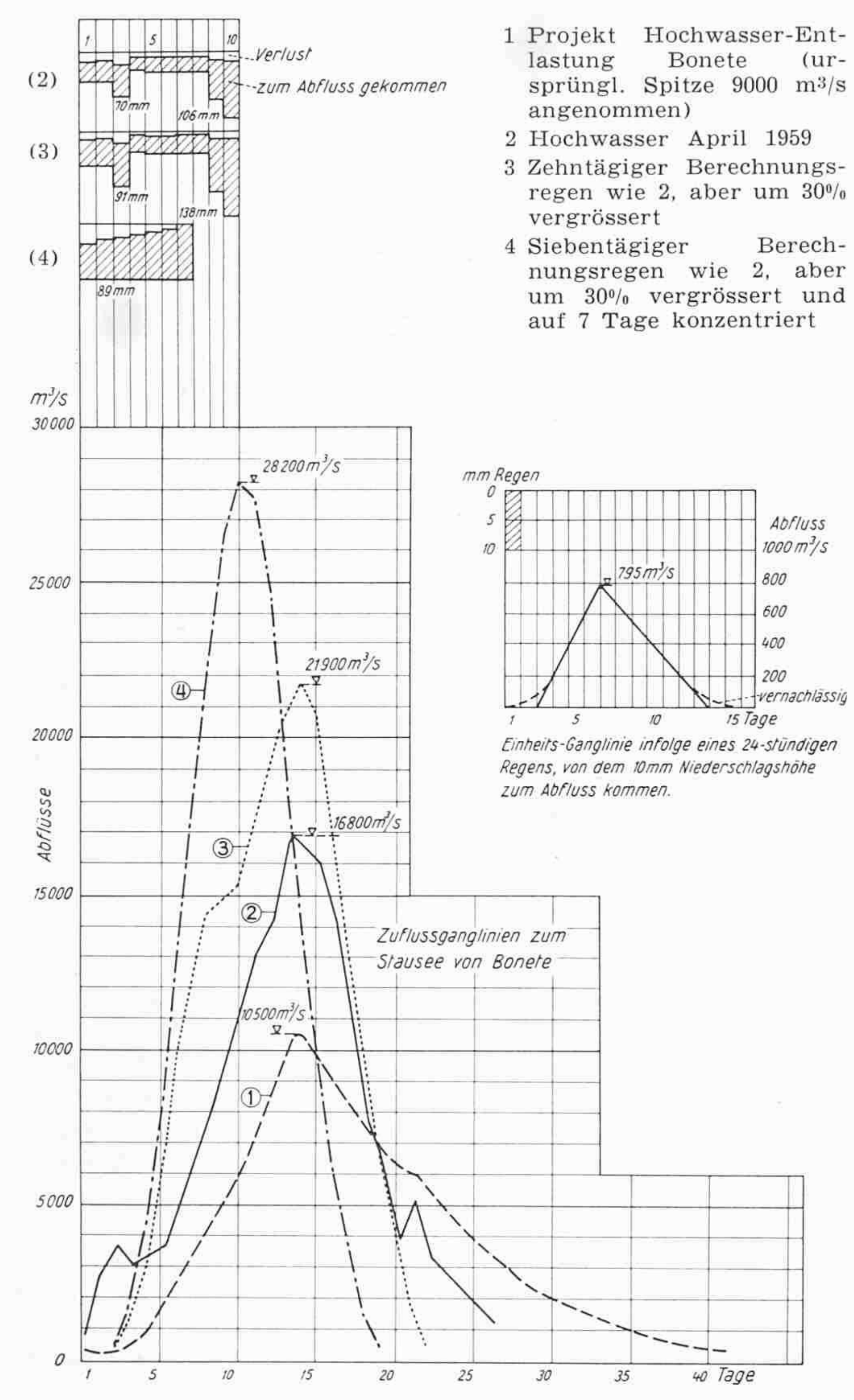


Bild 5. Zuflussganglinien zum Stausee Bonete. Die Ganglinie des Hochwassers vom April 1959 hat die geschätzte Ganglinie, die seinerzeit dem Projekt für das Kraftwerk Rincon del Bonete zugrunde gelegt worden war, um fast das Doppelte überschritten

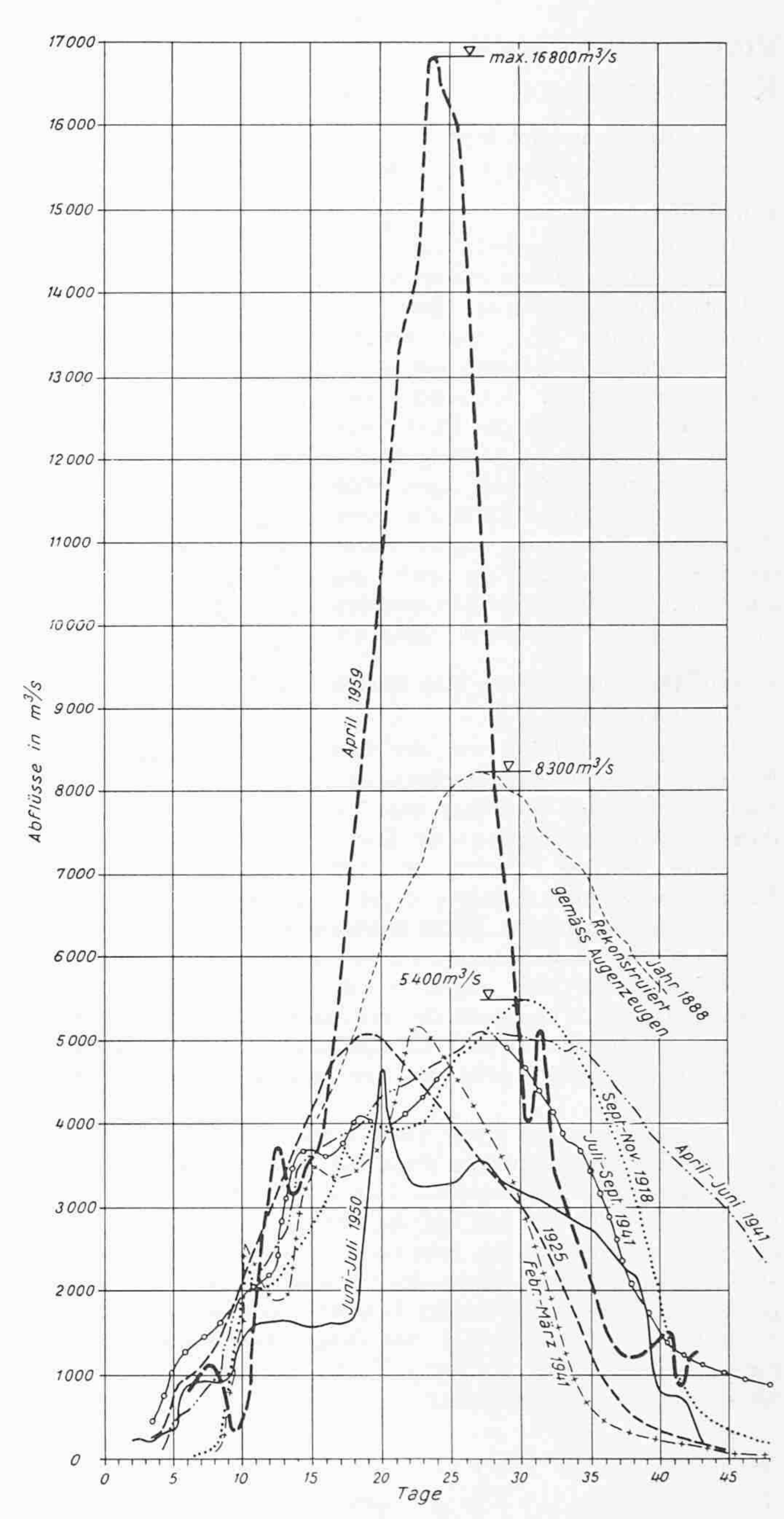


Bild 6. Historische Hochwasserganglinien des Rio Negro im Profil Paso de los Toros (die Ganglinie vom April 1959 ist nicht streng mit den übrigen vergleichbar, weil vor 1945 der Stausee von Bonete noch nicht bestand)

Der grösste Binnenfluss des Landes ist der Rio Negro. Er entspringt in Brasilien und mündet nach einem Lauf von 850 km Länge in den Rio Uruguay. Sein mittleres Gefälle beträgt nur 0,2‰. Der Fluss hat daher eine starke Mäanderung und eine kleine Fliessgeschwindigkeit. 1945 kam die erste hydraulische Zentrale Uruguays, das Talsperrenkraftwerk Rincón del Bonete am Rio Negro, in Betrieb (Bilder 3 und 4).

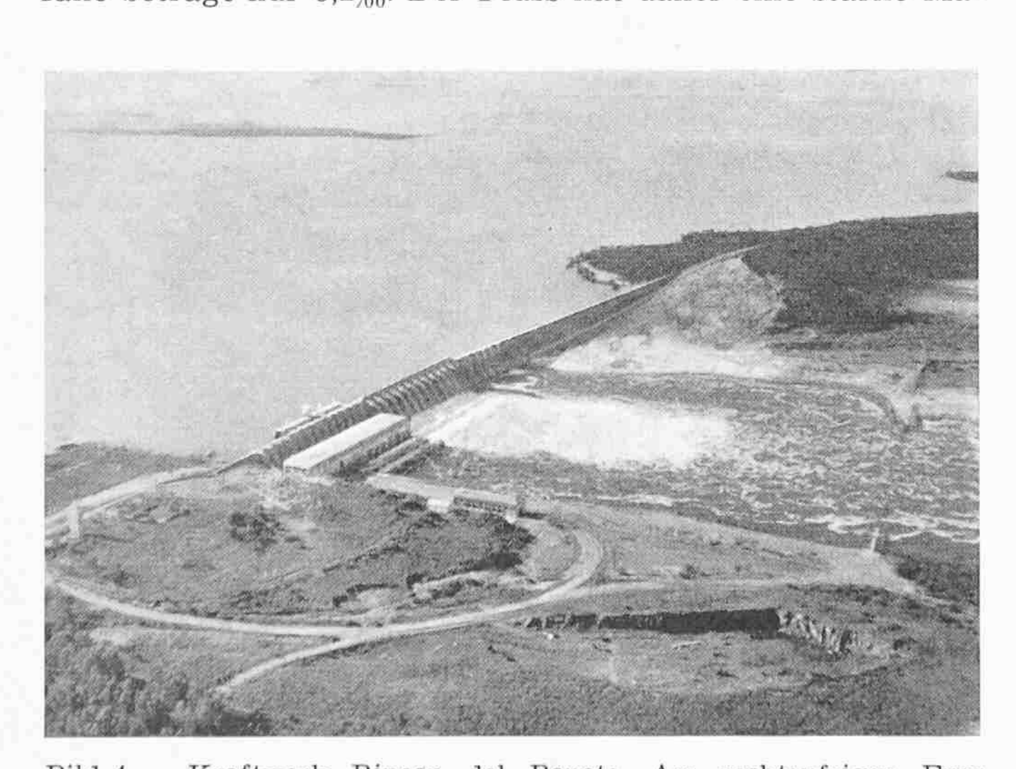


Bild 4. Kraftwerk Rincon del Bonete. Am rechtsufrigen Fuss der Sperre die Zentrale, daran anschliessend das Ueberfallwehr. Das Bild wurde nach der Dammüberflutung aufgenommen. Phot. A. Sonderegger

Durch die Sperre erfolgte ein Aufstau des Flusses von 28 m und die Bildung eines Sees von 9 Milliarden m³, bei Normalstau auf Kote 80,0 m. Durch Absenkung um 8,5 m werden 6,5 Mrd. m³ nutzbar, durch Ueberstau von 3 m ist eine Zwischenspeicherung von 4 Mrd. m³ eines Hochwassers möglich. Die Talsperre ist über ein Kilometer lang. Sie besteht teils aus Nötzli-Pfeilern, teils aus massiven Teilen. Sie enthält ein Ueberfallwehr, das auf 5500 m³/s dimensioniert wurde. Die niedrigen Partien der Dammkrone liegen 4,30 m über dem Betriebsspiegel. Die Zentrale am rechtsufrigen Fuss der Sperre hat vier Einheiten von total 130 000 kW Leistung.

Im Projekt machte man für die Dimensionierung der Hochwasserentlastung eine Schätzung des zu erwartenden höchsten Zuflusses in den See. Man ging dabei so vor, wie es früher üblich war. Auf Grund einer Beobachtungsreihe der

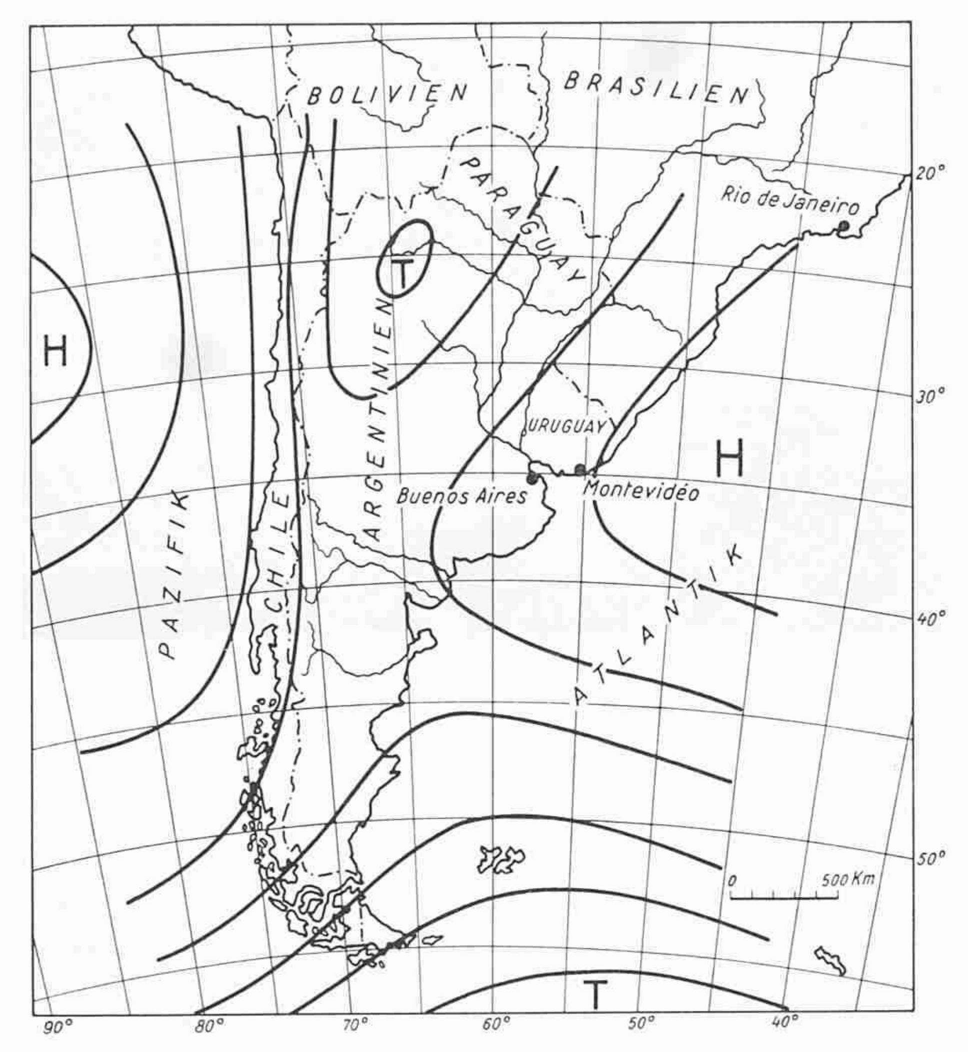


Bild 7. Mittlere barometrische Druckverteilung für die ungestörte stabile Wetterlage im Januar, für denjenigen Teil Südamerikas, der südlich des 20. Breitegrades liegt

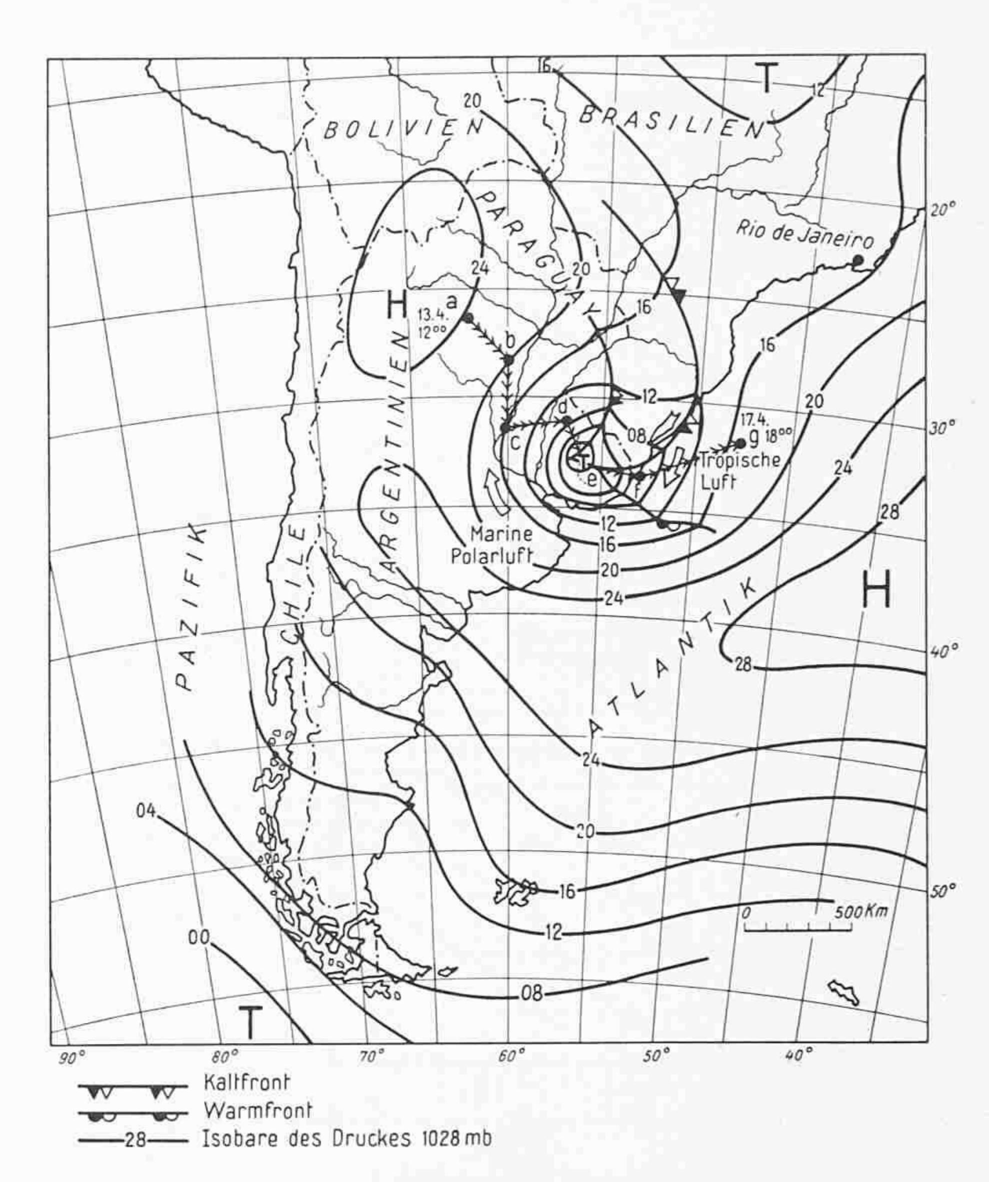


Bild 8. Barometrische Druckverteilung am 16. April 1959. An diesem Tage hatte der Sturmwirbel, von Nord-Argentinien herkommend, das Zentrum von Uruguay erreicht

Fahrplan des Sturmwirbels:

a 13. April 12.00 h	c 15. April 12.00 h	e 16. April 12.00 h
b 14. April 12.00 h	d 15. April 18.00 h	f 16. April 18.00 h
		g 17. April 18.00 h

grössten Durchflüsse während 23 Jahren zeichnete man eine Frequenzkurve [1]. Dann extrapolierte man diese Kurve auf logarithmischem Papier geradlinig und nahm den geschätzten Wert mit einer wahrscheinlichen Erwartung von 1 mal alle 1000 Jahre als massgebendes Hochwasser für die Projektierung der Hochwasserentlastung. Dies ergab 9000 m³/s als grösste zu erwartende Spitze (sie wurde nachträglich auf 10 500 m³/s erhöht). Für die Basis der zugehörigen Ganglinie wurden 40 Tage angenommen (Bild 5). Einer solchen Ganglinie wäre Bonete auch wirklich gewachsen gewesen.

Das Hochwasser vom April 1959 brachte jedoch eine fast doppelt so grosse Spitze von 16 800 m³/s (Bild 10), das ist dreimal so viel wie das je gemessene höchste Rheinhochwasser in Basel, sowie das ungeheuere Zuflussvolumen von 14 km³, innerhalb von 14 Tagen, für ein Einzugsgebiet von 38 000 km², was ungefähr demjenigen des Rheins in Basel entspricht. Die Schätzung hat sich als unrichtig erwiesen. Neuere Untersuchungen, die sich auf langjährige Beobachtungsreihen stützen können, haben allgemein gezeigt, dass die Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Abschätzung kommender Höchsthochwasser vollkommen ungeeignet ist. Es wird heute als sicher angenommen, dass die sogenannten historischen Hochwasser, also die ausserordentlich grossen Hochwasser, die ganz selten auftreten, aus einer derart verwickelten Kombination von meteorologischen Bedingungen herrühren, dass sie meist in den kurzzeitigen, nur 20 bis 30 Jahre betragenden Beobachtungsreihen gar nicht vertreten sind. In der Tat hat sich nachträglich herausgestellt, dass im Jahre 1888 im Rio Negro ebenfalls ein extremes Hochwasser aufgetreten ist, das schätzungsweise eine maximale Abflussmenge von 8300 m³/s brachte (Bild 6). Es lagen darüber zwar keine Messungen vor, dieser Wert hat sich jedoch aus den mündlichen Angaben von älteren Einwohnern rekonstruieren lassen, und es zeigt sich wieder einmal, dass auch solchen Ángaben grösstes Gewicht beizumessen ist.

Das ausserordentliche Hochwasser vom April 1959 ist auf besondere meteorologische Bedingungen zurückzuführen, die im folgenden besprochen werden.

Regen kommt bekanntlich ganz allgemein dann zu Stande, wenn warme, mit Wasserdampf gesättigte Luft abgekühlt wird. Dies kann entweder durch Hebung dieser Luft in Zonen niedrigeren Druckes erfolgen, wodurch eine Abkühlung entsteht, oder durch Kontakt mit anderen kälteren Luftmassen. Die folgenden Angaben verdankt der Verfasser Dr. H. K. Müller, Leiter der Flugwetterwarte München-Riehm, der bis August 1959 beratender UNO-Experte beim Servicio Meteorologio del Uruguay war.

Die nördliche Halbkugel der Erde mit ihren grossen Landmassen kennt ungefähr dreissig typische Wettersitua-

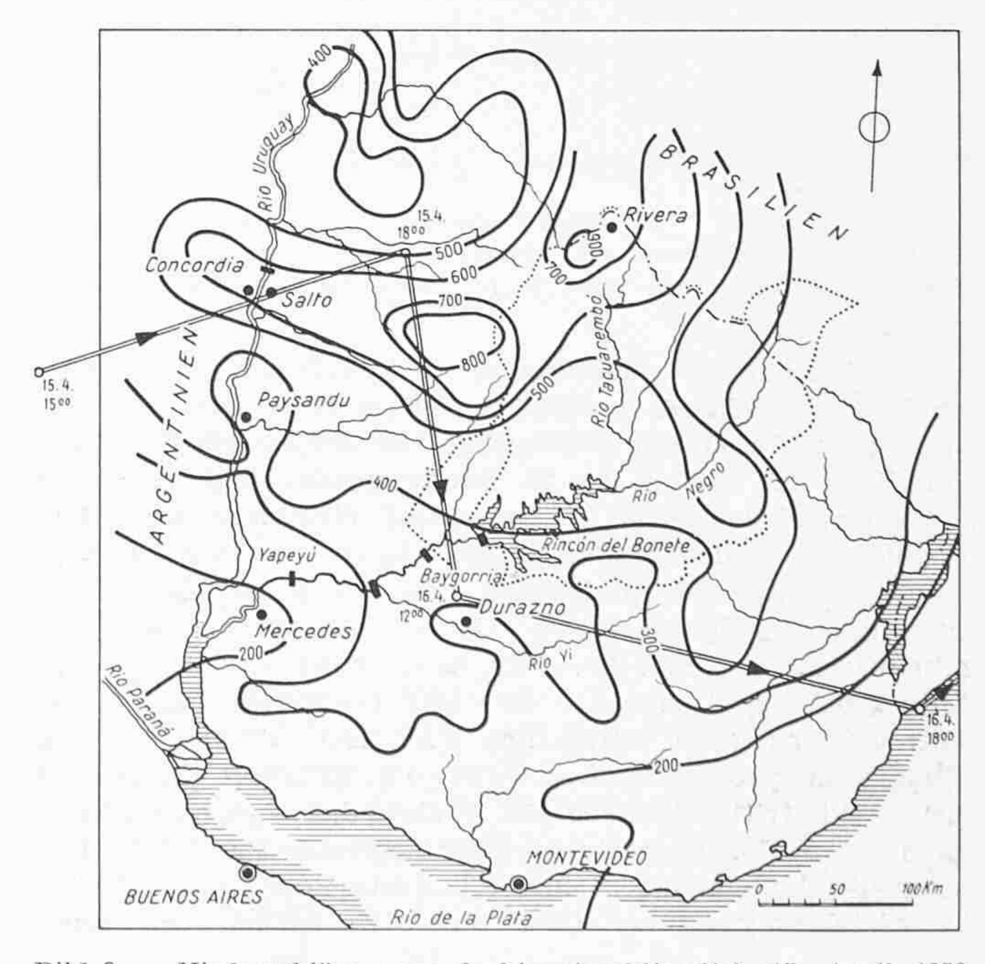


Bild 9. Niederschläge vom 6. bis einschliesslich 15. April 1959. Linien gleicher Niederschlagshöhen in mm (Isohyeten). Im Einzugsgebiet von Bonete (37 725 km²) fielen im Mittel 480 mm, was 18 km³ entspricht. Doppellinie = Weg des Sturmwirbels

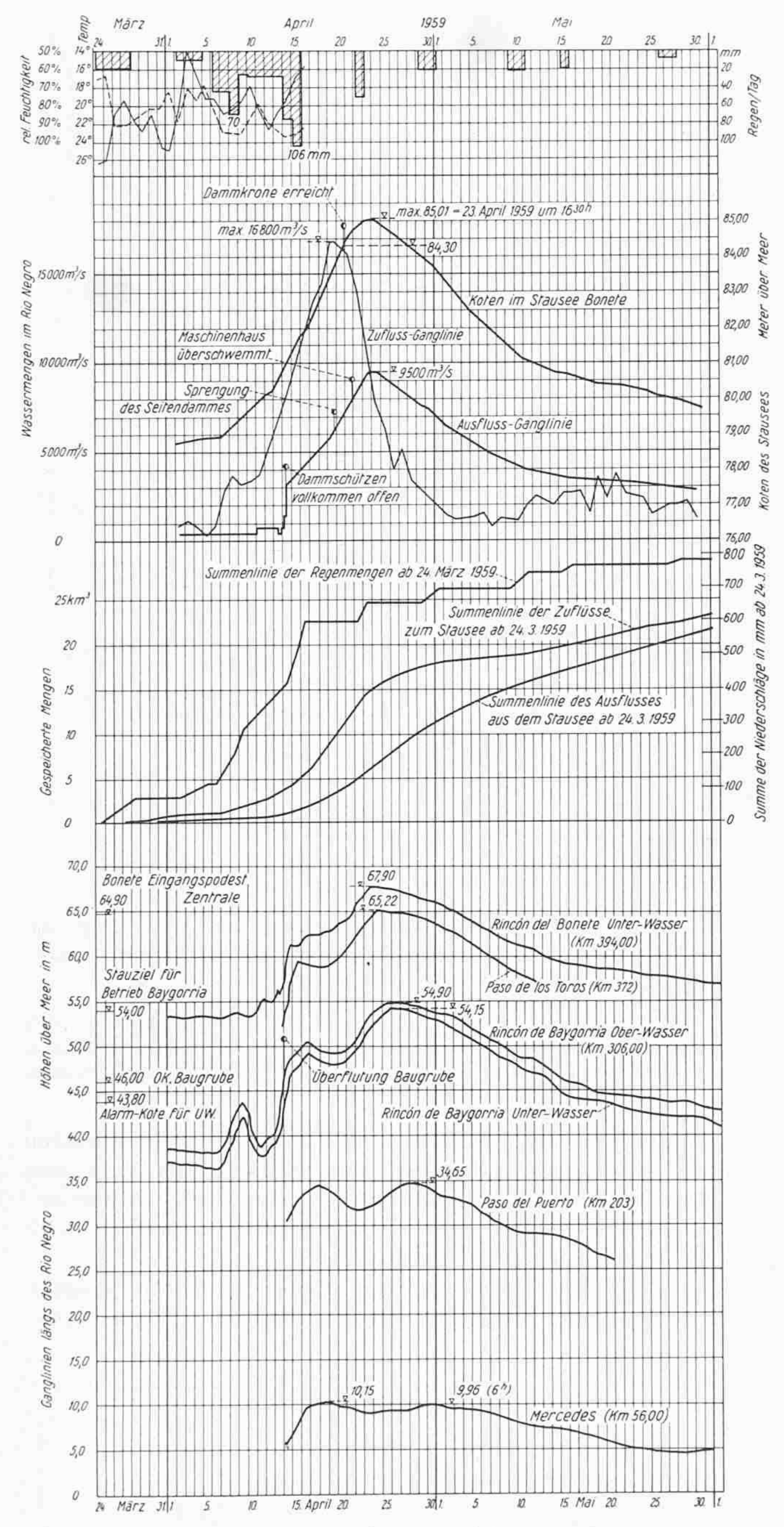


Bild 10. Zufluss- und Ausflussganglinie des Stausees Bonete als Folge der katastrophalen Niederschläge im April 1959. Ganglinien in Profilen des Rio Negro im Unterwasser von Bonete

tionen. Auf der Südhalbkugel, deren Oberfläche zum grösseren Teil aus Wasser besteht, ist diese Zahl viel geringer. Die ungestörte, stabile Wetterlage für denjenigen Teil Süd-Amerikas, der südlich des 20. Breitengrades liegt, ist durch je ein Hochdruckgebiet im Osten und Westen — über dem Atlantischen und dem Pazifischen Ozean — sowie durch je ein Tiefdruckgebiet im Norden und Süden — über Nordargentinien, Südbrasilien und dem antarktischen Raum — gekennzeichnet (Bild 7). Für das Gebiet des Rio de la Plata gibt es drei charakteristische Situationen, die für eine Wetteränderung verantwortlich sind. Bei der sogenannten «Sudestada prolongada», welche die grössten Störungen verursacht, tritt folgendes ein: Während des ganzen Jahres herrscht in Nordargentinien normalerweise Tiefdruck. Der durch die Sonneneinstrahlung erwärmte Boden erzeugt eine Aufwärtsbewegung der über ihm sich befindenden Luftmassen, wodurch ein sogenanntes thermisches Tief entsteht. Dieses Tief nimmt nun Kurs nach Südost, wobei es sich längs seiner Bahn immer stärker ausprägt und Uruguay schliesslich als Sturmwirbel erreicht, und zwar unter Auslösung äusserst hoher Niederschlagsmengen (Bild 8). Dies rührt davon her, dass das Tief als Energiequelle wirkt und sozusagen einen Ventilator darstellt, der an seiner Ostflanke warme, mit Feuchtigkeit gesättigte Luftmassen aus Brasilien ansaugt, wodurch diese in kältere Zonen transportiert werden, und die Feuchtigkeit in Form von Regen ausfällt.



Bild 11. Rincon del Bonete. Gesprengte Bresche im seitlichen Erddamm unter der Zufahrtsstrasse zum Kraftwerk. Dadurch wurde für den See eine geringe zusätzliche Entlastung von rd. 1500 m³/s geschaffen, die jedoch keinen wesentlichen Einfluss hatte (Foto Accion, Montevideo)

Im April 1959 hat sich nun diese an sich seltene Wettersituation innerhalb von vier Wochen dreimal ergeben, wobei die erste, diejenige vom 13. bis 17. April, für die Katastrophe verantwortlich war. Im Einzugsgebiet von Bonete von 38 000 km² wurden während der 10 Tage vom 6. bis 15. April im Mittel rund 50 cm Regen gemessen, was ein Volumen von 18 km³ darstellt oder fast die Hälfte des mittleren jährlichen Niederschlages (Bild 9). Von dieser ungeheueren Wassermasse kamen 80%, also 14 km³ zum Abfluss. Sie fielen auf einen undurchlässigen Boden, der ausserdem durch vorangegangene Regen vollkommen gesättigt war, und überdies fehlte praktisch jede Evaporation. Im Norden wur-

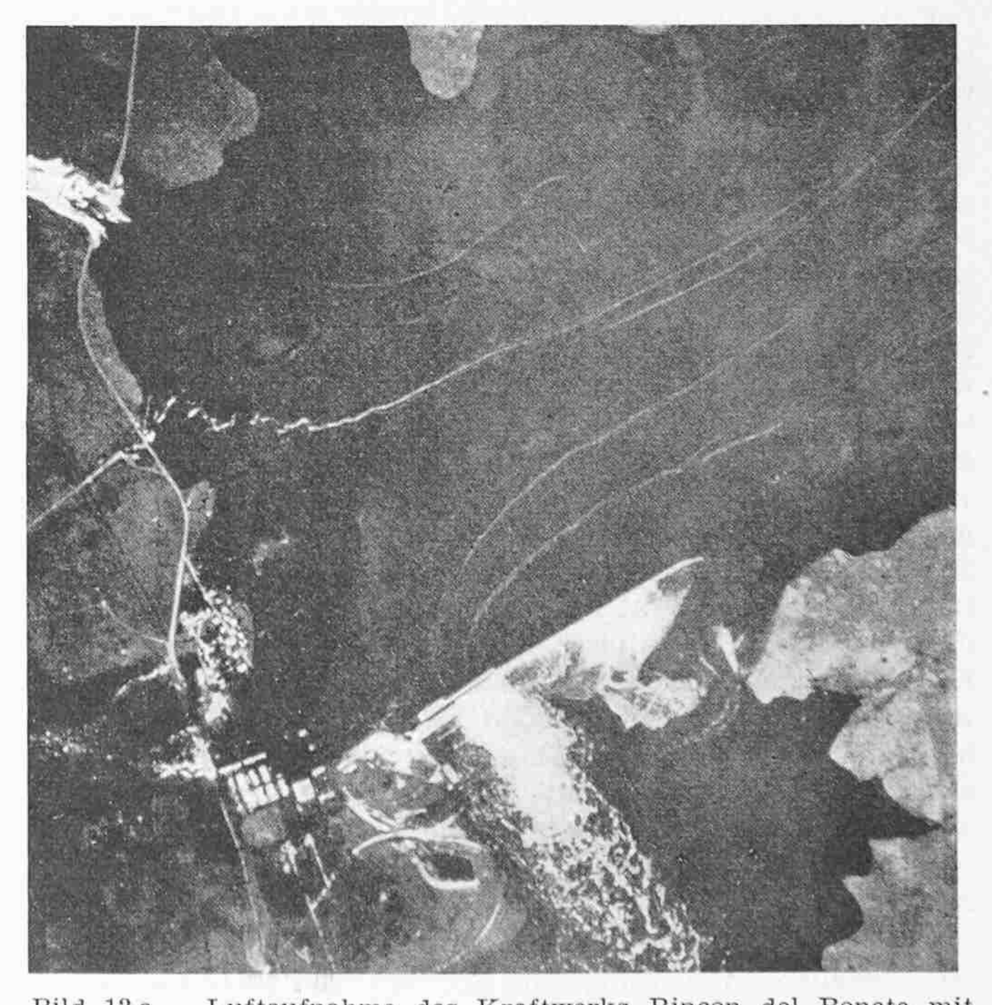


Bild 12 a. Luftaufnahme des Kraftwerks Rincon del Bonete mit Umgebung zur Zeit des grössten Hochwassers. Der Damm wird auf seiner vollen Länge überströmt; am rechten und linken Dammende findet ein Umlauf statt. Am rechten Seeufer ist die gesprengte Entlastungsöffnung ersichtlich. Interessant sind die Strömungslinien im Stausee

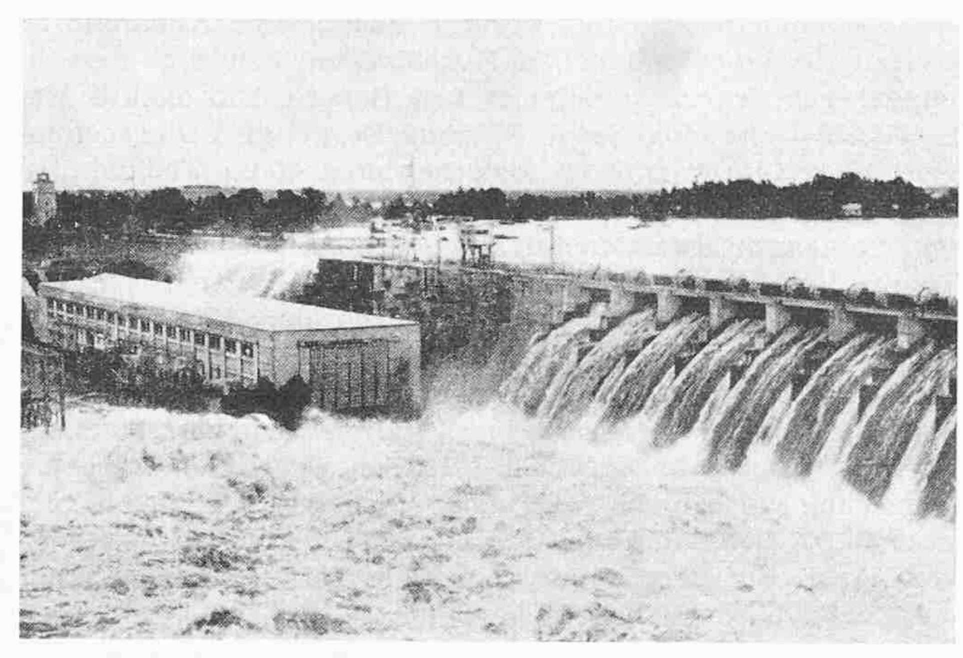


Bild 12 b. Kraftwerk Rincon del Bonete, Ansicht von Wehr und Zentrale am 23. April 1959 mittags 12.00 h. Am rechtsufrigen Dammende sieht man den überfluteten niedrigen Dammteil vor der Zentrale. Das Wehr entlastet rd. 7400 m^3/s (Foto L. Plata, Montevideo)

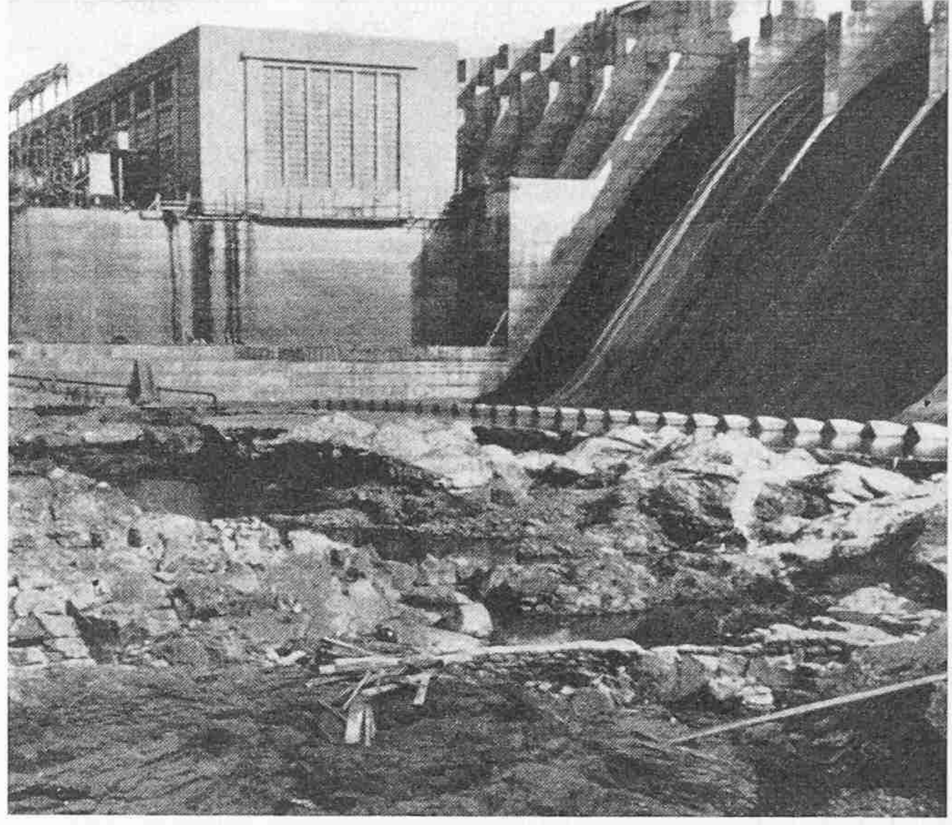


Bild 14. Kraftwerk Rincon del Bonete, Tosbecken des Wehres nach Durchgang des Hochwassers. Im anstehenden Fels sind Auskolkungen von bis 6 m Tiefe aufgetreten

den innert der 10 kritischen Tage lokal 90 cm Regen registriert. Im Tacuarembó Chico fielen an einem Tag 27 cm Regen. Diesen Wassermassen war Bonete nicht gewachsen.

Ein im Einzugsgebiet von Bonete gefallener Regen braucht im Durchschnitt 5 Tage, bis er im See als Zufluss in Erscheinung tritt. Diese Phasenverschiebung stellte sich auch beim Katastrophenregen ein. Ab 7. April stieg der See um 25 cm, ab 12. April um 50 cm pro Tag (Bild 10). Am 14. April wurden bei einem Ueberstau von 1,0 m alle Wehr-Schützen geöffnet. Am 16. April hörte es auf zu regnen, die 18 km^3 waren jedoch zu diesem Zeitpunkt über dem Einzugsgebiet bereits gefallen. Zwar folgten 6 regenlose Tage, und das Freibord bis zur Dammkrone betrug noch 2,6 m, was einer weiteren Speichermöglichkeit von 3,7 km^3 entsprach. Die Katastrophe war aber zu diesem Zeitpunkt bereits eindeutig vorbestimmt. Denn von den 14 km^3, die man als Zufluss des Katastrophenregens zu erwarten hatte, waren erst 4 km^3 im See eingetroffen (siehe Summenlinie, Bild 10). Infolge der zeitlichen Phasenverschiebung zwischen Niederschlag und Abfluss befanden sich die restlichen 10 km^3 noch unabwendbar unterwegs.

Am 17. April wurden die 12 000 Einwohner des 15 km unterhalb von Bonete liegenden Städtchens Paso de los Toros evakuiert. Man rechnete von da ab sogar mit der Möglichkeit eines Dammbruches.

Am 19. April erreichte der Zufluss sein Maximum von 16 800 m^3/s. Das Freibord bis zur Dammkrone betrug nur noch 80 cm. An diesem Tag sprengte man in der sog. «Operación Terraplen» im Seitendamm unter der Zufahrtsstrasse eine Bresche (Bild 11). Die zusätzliche Entlastung betrug über 1000 m^3/s, sie konnte jedoch das Steigen des Sees nicht wesentlich beeinflussen und den Ueberlauf über die Dammkrone nicht verhindern. Dieser setzte am Abend des 20. April ein. Von da ab stellte der Damm ein einziges Ueberfallwehr dar. Gleichzeitig fand auch ein Umlauf um die Werksiedlung und um das linke Mauerende statt (Bilder 12a und b). Am 21. April wurde die Zentrale geschlossen und ganz Bonete militärisch evakuiert. Am selben Abend wurde der Maschinensaal vom Unterwasser her überflutet (Bilder 13a und b).

Am 23. April erreichte der See die höchste Kote von 85,01 m; die Ueberfallhöhe über die Mauerkrone betrug 70 cm. Das Unterwasser stand 3 m über dem Eingangspodest der Zentrale. Der See hatte die dreifache Oberfläche des Bodensees und einen Inhalt von 16 km^3 erreicht; dies entspricht dem mittleren Abfluss des Rio Negro während eines ganzen Jahres. Das Wehr entlastete 7400 m^3/s, über die Mauerkrone liefen 600 m^3/s, aus der gesprengten Bresche flossen 1500 $m^3/$, so dass der totale Seeausfluss 9500 m^3/s betrug. Der Ueberlauf über die Dammkrone dauerte volle 7 Tage.

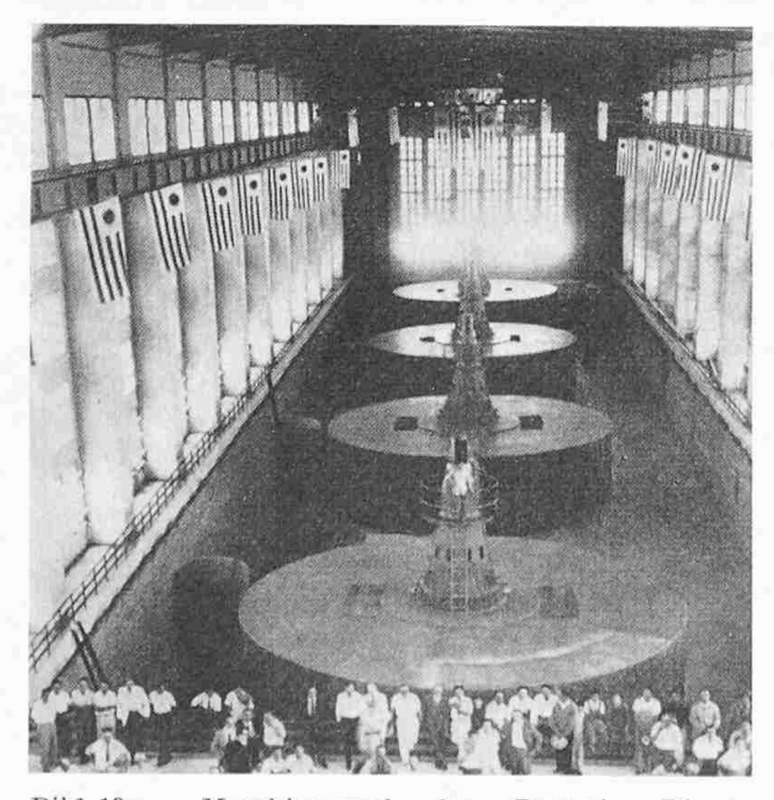


Bild 13a. Maschinensaal der Zentrale Rincon del Bonete bei der Einweihung im Jahre 1948 (Foto El Dia, Montevideo)

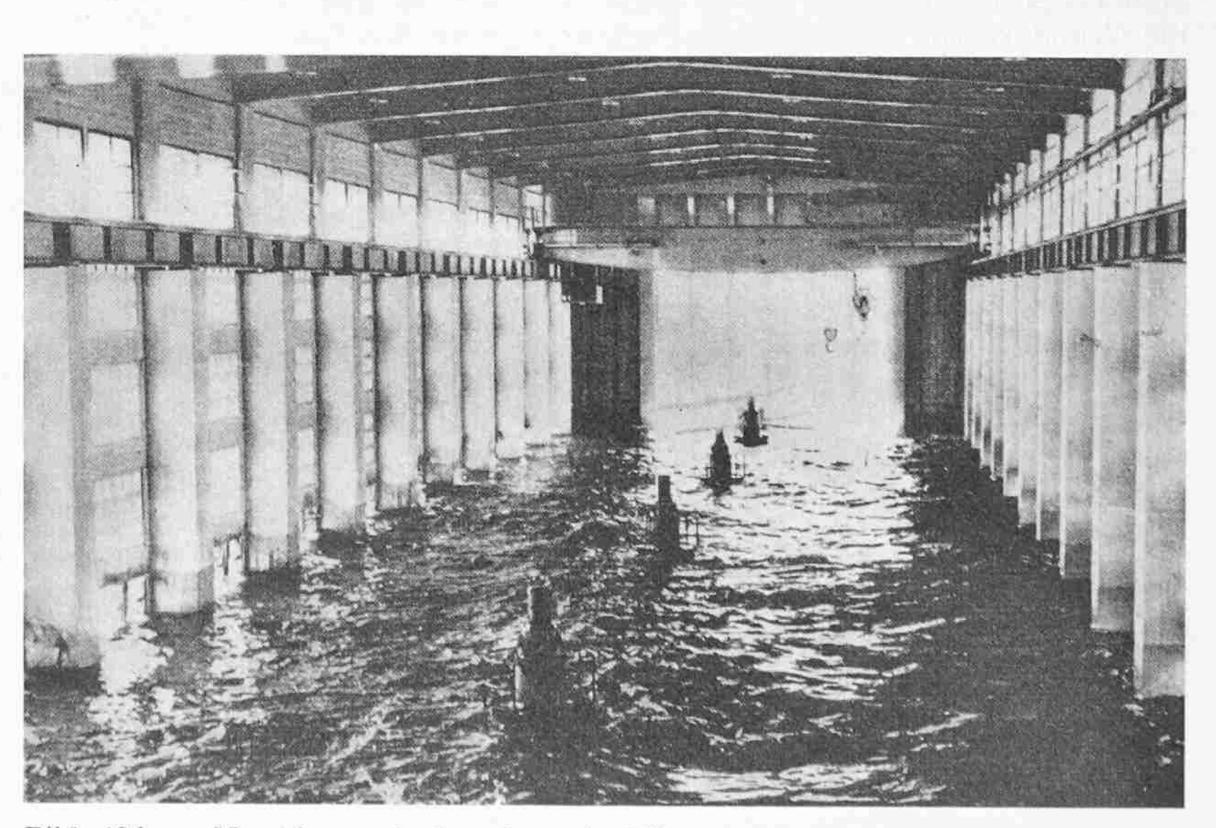


Bild 13 b. Maschinensaal der Zentrale Rincon del Bonete im Zeitpunkt der Ueberflutung, 27. April 1959 (Foto El Diario, Montevideo)

Im Juni folgte eine Trockenperiode. Man schloss die Damm-Schützen vollständig, wodurch das Flussbett trockengelegt wurde. Dies erlaubte, die Wirkungen des Hochwassers einzusehen. Der Damm hat sich gut gehalten. Der Wehrrücken wies nur lokale Anfressungen auf. Im Tosbett, unterhalb des Wehres, wurden allerdings Kolke von bis 6 m Tiefe im Fels des Flussbettes festgestellt (Bild 14).

Der an das Wehr anschliessende linksufrige überspülte Mauerteil hat weder im Beton, noch in den Fundamenten Schaden genommen. Die Zentrale und die Nebenbauten wurden aber stark beschädigt, und es brauchte rund ein Jahr, bis man das Werk wieder in Betrieb nehmen konnte. Zwei Generatoren wurden getrocknet, die andern beiden neu gewickelt. Durch Stromausfall entstand ein Schaden von einer Mio Schweizer Franken pro Monat.

Trotz des Ueberlaufs wirkte der Stausee Bonete gegen die von oben kommenden Wassermassen als Puffer, indem er die einlaufende Spitze von 16 800 m^3/s auf 9500 m^3/s dämpfte (Bild 10). Dieser hohe Ausfluss erzeugte aber im Unterwasser dennoch eine ausgesprochene Hochwasserwelle. Paso de los Toros kam vollkommen unter Wasser. Das 90 km unterhalb von Bonete liegende Kraftwerk Rincón de Baygorria, welches heute im Betrieb steht, war damals noch im Bau [2] (siehe SBZ 1959, H. 11, S. 154, Bild 2). Bei diesem Laufwerk von 100 000 kW Ausbauleistung waren die schweizerischen Ingenieurbüros Gebrüder Gruner, Basel, und H. W. Schuler, E. Brauchli, Zürich, als Berater mit der Oberbauleitung betraut worden. Am 13. April wurden die Baugruben geflutet. Beim Durchgang des Wellenkamms erreichte der Fluss-Spiegel einen Stand von 20 m über dem Mittelwasser (Bild 15). Das Werk hat praktisch keinen Schaden gelitten. Im Bauprogramm gingen nur 30 Tage verloren. Die Welle bewegte sich sodann mit einer Geschwindigkeit von rund 2 km/h den Rio Negro hinunter (Bild 10).

In ganz Uruguay mussten 40 000 Personen evakuiert werden. Ungefähr 1% des Viehbestandes ist verloren gegangen, weil die Tiere im hochgehenden Wasser einfach apathisch stehengeblieben sind.

Im Anschluss an dieses Hochwasser wurden die folgenden Massnahmen als notwendig erkannt:

In erster Linie musste das in Zukunft zu erwartende grösste Hochwasser neu geschätzt werden. Man bediente sich dabei der Methode von Shermann [1], [3], der sog. Unit Hydrographs (Bild 5). Diese besteht bekanntlich darin, für isolierte eintägige Regen die dazugehörigen Abflüsse zu messen. Für einen bekannten mehrtägigen Regen kann dann umgekehrt auf den dazugehörigen Abfluss geschlossen werden, durch Anwendung des Superpositionsgesetzes auf die Teilregen der einzelnen Tage. Auch dies ist nur eine Näherungsmethode, aber sie ist logischer, denn sie geht auf die Grundursache des Abflusses zurück, nämlich den Regen.



Bild 15. Die überflutete Baustelle des Kraftwerkes Rincon de Baygorria am 25. April 1959. Der Rio Negro führt ungefähr 11 500 m^3/s. Der Wasserspiegel steht 28 m über dem Normalstand

Es handelte sich nun vorerst darum, eine Annahme zu treffen für einen möglichen Höchstregen, den sog. Berechnungsregen, im Einzugsgebiet von Bonete. Die exakte Methode erfordert eingehende Studien. Derartige Untersuchungen müssen im Teamwork zwischen dem Meteorologen, dem Hydrologen und dem Bauingenieur erfolgen. Es müssen unter anderem Messungen des Feuchtigkeitsgehaltes und der Temperaturdifferenzen der angesogenen Luftmassen, für extreme Wetterlagen vorliegen. Durch den Vergleich mit den entsprechenden physikalisch möglichen Grenzwerten können daraus Vergrösserungsfaktoren abgeleitet werden. Solche Studien erfordern 1 bis 2 Jahre. Man musste daher im Fall Bonete aus zeitlichen Gründen vorerst eine gröbere Schätzung vornehmen. Bis zum Vorliegen der meteorologischen Studien nahm man den um 30 % vergrösserten Regen vom April als Berechnungsregen an. Dies führte zu einer möglichen Niederschlagsmenge von 24 km^3, was bei einem Abflusskoeffizienten von 80 % einen möglichen extremen Zufluss in den See Bonete von 19 km^3 ergibt. Man verteilte den Berechnungsregen auf 10, bzw. 7 Tage und erhielt Zufluss-Spitzen zwischen 22 000 und 28 000 m^3/s (Bild 5).

Nebenbei sei bemerkt, dass in Furnas, Brasilien, der Katastrophenregen des Rio de la Plata direkt übernommen wurde, transponiert wie man sagt, um die Leistungsfähigkeit der Hochwasserentlastungsanlagen gegenüber einer solchen Wettersituation zu überprüfen. Dabei soll sich ergeben haben, dass die projektierten Anlagen auch solchen extremen Regen gewachsen sind. An den bestehenden Anlagen des Rio Negro, Uruguay, sind folgende Anpassungen erforderlich, damit sie einer solchen Hochwassersituation gewachsen sind:

1. In Bonete ist der Damm um 2,60 m zu erhöhen, damit ein Zwischenspeicher von 10 km^3 für Hochwasser entsteht, also doppelt so viel wie im jetzigen Zustand.
2. In Bonete ist ein Zusatzwehr erforderlich, und zwar dort, wo die Entlastungsbresche gesprengt wurde. Das bestehende Dammwehr und das Zusatzwehr müssen bei einem Ueberstau von 4,50 m zusammen 10 000 m^3/s entlasten können.
3. Die Zentrale Bonete ist gegen höhere Unterwasserstände zu schützen, damit sie nicht überflutet wird.
4. In Baygorria wurde in einem Seitendamm die Möglichkeit eines Notwehres geschaffen. Dieser Damm wurde als sog. Fuse-Plug ausgebildet, der im Notfall gesprengt wird. Dadurch wird die im Projekt vorgesehene Entlastungsmöglichkeit von 9000 auf 12 000 m^3/s erhöht.
5. Ausserdem ist die Schaffung eines Hochwasser-Warndienstes erforderlich, beruhend auf den Niederschlagsmessungen im Einzugsgebiet. Diesem soll die Aufgabe zufallen, Anweisungen für die Bedienung der Wehranlagen von Bonete und Baygorria zu geben, damit diese bei zukünftigen Hochwassern in jeder Phase in richtiger Voraussicht der sich auf dem Weg befindenden Wassermassen bedient werden. Gleichzeitig sollen den unten liegenden Gebieten Flutwarnungen abgegeben werden.

Das Katastrophenhochwasser des Rio Negro hat gezeigt, dass bei Schätzungen des grösstmöglichen Hochwassers eines Flusses äusserste Vorsicht geboten ist. Im übrigen hat es auch die Notwendigkeit gezeigt, gegen Hochwasser einen Warndienst zu schaffen, sowohl wegen der Bedürfnisse der Kraftwerke, als auch wegen derjenigen der Bevölkerungen in den angrenzenden Zonen [4].

Fortsetzung folgt

Literaturverzeichnis

[1] *Creager, Justin Hinds:* Engineering for Dams. 1944, Vol. I.

[2] *Stahel, Ph.:* Elektrizitätswirtschaft in Uruguay. SBZ 1959, Heft 11, S. 152.

[3] *Sherman, L. K.:* Streamflow from Rainfall by Unit-Graph Method. «Eng. News-Rec.» April 7, 1932, pg. 501.
Snyder, Franklin F.: Synthetic unit Graphs. «Trans. Geophys. Union». Reports and Papers. Hydrology, 1938.

[4] *Wüstemann, G.,* Das Hochwasser in Uruguay vom April 1959. Interner Bericht, Gebr. Gruner, beratende Ingenieure, Basel. ausserdem:

U. T. E.: Aprovechamiento Hidoeléctrico del Rio Negro, Obra en Rincon de Baygorria.

Giorgi, L.: Bosquejo historico sobre las obras hidroeléctricas en el Uruguay.

Hareau, A: Usina hidroeléctrica en Rincon de Baygorria, Rio Negro. Administracion general de las Usinas Electricas y los Telefonos del Estado, Montevideo, Juli 1960.

Sonderegger, A.: Die Elektrizitätswirtschaft von Uruguay, «Wasser- und Energiewirtschaft» 1959, Nr. 1/2.

Meyer, L.: Die Hochwasserkatastrophe in Uruguay, «Neue Zürcher Zeitung», 3. Juni 1959, Nr. 1725.